

## BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-348327

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/667

(21)Application number : 11-162024

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.06.1999

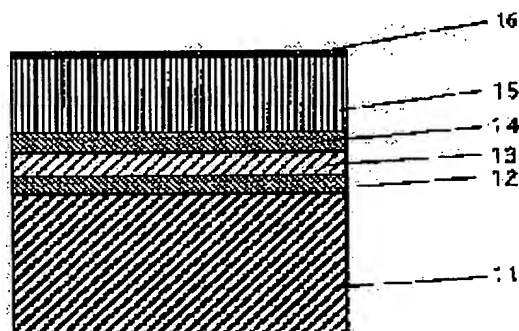
(72)Inventor : FUTAMOTO MASAOKI  
HONDA YUKIO  
HIRAYAMA YOSHIYUKI  
KIKUKAWA ATSUSHI  
YOSHIDA KAZUYOSHI

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a perpendicular magnetic recording medium improved so as to be suitable for high-density magnetic recording at a high speed and a recording and reproducing device using the same.

SOLUTION: The lining magnetic film layers of the perpendicular magnetic recording medium having a perpendicularly magnetized film 15 via the lining magnetic film layers on a nonmagnetic substrate 11 are composed of  $\geq 3$  layers of multilayered films including at least one magnetic films 12 and 14 and at least one nonmagnetic film 13. The nonmagnetic film 13 is composed of any of Ti, Hf, Zr, Mn or alloy metals essentially consisting of these elements, Ce, Si or semimetals essentially consisting of these elements or a compound selected from an oxide, carbide, boride and nitride, by which the surface flatness, medium S/N and high-frequency recording characteristics of the perpendicular magnetic recording medium are improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.10.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-348327

(P2000-348327A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int. Cl.

G 1 1 B 5/667

識別記号

F I

G 1 1 B 5/667

ページ(参考)

5 D 0 0 6

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-162024

(22) 出願日 平成11年6月9日 (1999. 6. 9)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 本多 幸雄

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100091086

弁理士 平木 祐輔

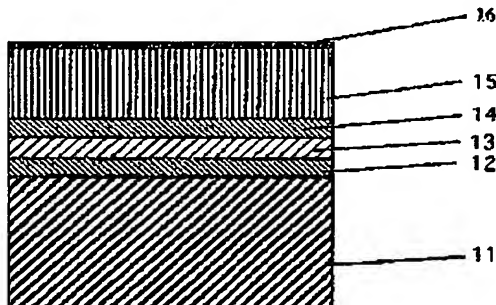
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高速度高密度磁気記録に適するように改良された垂直磁気記録媒体及びこれを用いた記録再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性基板上11に裏打磁性膜層を介して設けられた垂直磁化膜15を有する垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性膜層は少なくとも1種の磁性膜12、14と少なくとも1種の非磁性膜13とを含む3層以上の多層膜から構成されており、前記非磁性膜13はTi、Hf、Zr、Mnもしくはこれらの元素を主成分とする合金金属、Ce、Siもしくはこれらの元素を主成分とする半金属、あるいは酸化物、炭化物、ほう化物、窒化物から選ばれた化合物のいずれかとする事により、垂直磁気記録媒体の表面平坦性、媒体S/N、高周波記録特性を改善する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に裏打磁性膜層を介して設けられた垂直磁化膜を有する垂直磁気記録媒体において、

前記裏打磁性膜層は少なくとも1種の磁性膜と少なくとも1種の非磁性膜とを含む3層以上の多層膜から構成されており、前記非磁性膜はTi、Hf、Zr、Mnもしくはこれらの元素を主成分とする合金金属、Ge、Siもしくはこれらの元素を主成分とする半金属、あるいは酸化物、炭化物、ほう化物、窒化物から選ばれた化合物のいずれかであることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 請求項1記載の垂直磁気記録媒体において、前記化合物は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{MgO}$ もしくは $\text{CaO}$ 、又はこれらの酸化物の複晶酸化物であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項2又は3記載の垂直磁気記録媒体において、前記磁性膜はCo基、Fe基又はNi基の合金であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 請求項3記載の垂直磁気記録媒体において、前記磁性膜は $\text{Co-Nb-X}$  ( $\text{X}=\text{Zr, Ti, Hf, Mo, W}$ )、 $\text{Ni-Co-Y}$  ( $\text{Y}=\text{Zr, Ti, Hf, Mo, W}$ )、又は $\text{Fe-Si-Z}$  ( $\text{Z}=\text{B, Al}$ )であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項5】 請求項1記載の垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性膜層は少なくとも2種類の磁性膜と少なくとも1種類の非磁性膜から構成される3層以上の多層膜からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項6】 請求項5項記載の垂直磁気記録媒体において、前記磁性膜はいずれも単独では保磁力が200e以下の軟磁気特性を示す磁性膜であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項7】 請求項5項記載の垂直磁気記録媒体において、少なくとも一つの磁性膜が非晶質構造を持つことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項8】 請求項5項記載の垂直磁気記録媒体において、少なくとも一つの磁性膜が保磁力1000e以上の硬磁気特性を示すことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項9】 請求項8項記載の垂直磁気記録媒体において、前記硬磁気特性を示す磁性膜がCo、Coを主成分とする合金、Fe-Pt系合金、Sm-Co系合金又はNd-Fe系合金であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項10】 請求項1～9のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性膜層の厚さが10nm以上5μm以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項11】 請求項1～9のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体において、前記裏打磁性膜層の厚さが30nm以上200nm以下であることを特徴とする垂直

磁気記録媒体。

【請求項12】 請求項1～11のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体において、前記垂直磁化膜がCo合金系垂直磁化膜であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項13】 請求項1～12のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体において、前記垂直磁化膜の表面で測定した表面起伏Raが5nm以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項14】 磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体を回転駆動する磁気記録媒体駆動部と、記録ヘッド及び再生ヘッドを備える磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを駆動する磁気ヘッド駆動部と、磁気ヘッドの記録再生信号を処理する信号処理部とを含む磁気記録再生装置において、

前記磁気記録媒体として請求項1～13のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体を用い、前記再生ヘッドとしてGMR効果もしくはTMR効果を利用する再生ヘッドを用い、前記磁気ヘッドと垂直磁気記録媒体の距離が20nm以下になるように調整された条件で面記録密度20Gb/in<sup>2</sup>以上を達成することを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度磁気記録に適する垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在実用化されている磁気ディスク装置は、面内磁気記録方式を採用している。ディスク基板面と平行な方向に磁化し易い面内磁気記録媒体に基板と平行な面内磁区を高密度に形成することが技術課題となっている。この方式で面記録密度、特に線記録密度を伸ばすためには、面内磁気記録媒体の保磁力を向上するとともに記録磁性膜の厚さを低減することが必要である。保磁力が4kOeを超えると、磁気ヘッドによる記録が困難になり、また磁性膜の厚さがCo合金系磁性膜では15nm以下になると熱収縮のために記録磁化強度が時間の経過につれて減少する問題が発生する。面内記録方式は、隣接する記録ビットの磁化が互いに向っており境界に幅をもった磁化遷移領域が形成されるという本質的な問題があるため、主として前記の理由が原因で20Gb/in<sup>2</sup>以上の面記録密度を実現するためには、技術的な困難が予想されている。

【0003】垂直磁気記録方式は薄膜媒体の膜面に垂直に磁化を形成する方式で、記録原理や媒体ノイズの発現機構が従来の面内磁気記録媒体の場合とは異なる。垂直磁気記録方式は隣接する磁化が逆平行になるために、本質的に高密度磁気記録に適した方式として注目され、垂直磁気記録に適した媒体の構造などが提案されている。

垂直磁気記録方式には、単層の垂直磁化膜を用いる方式と垂直磁化膜に裏打磁性膜を設ける方式がある。裏打磁性膜を持つ2層垂直磁気記録媒体を用いる技術は、例えばIEEE Transaction on Magnetics, Vol.MAG-20, No.5, September 1984, pp.657-662, "Perpendicular Magnetic Recording-Evolution and Future"に記述されている。この方式の垂直磁気記録媒体としては、パーマロイなどの軟磁性膜層からなる裏打層上にCo-Cr合金からなる垂直磁化膜を設けた媒体が検討されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】2層垂直磁気記録媒体を用いる垂直磁気記録方式により $20\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記録再生装置を実現化するためには、媒体ノイズの低下と媒体表面の平坦化が不可欠である。さらに高速で記録再生を行うためには、記録媒体の磁化反転速度が高周波記録再生に十分追従することが必要である。媒体ノイズは、垂直磁化膜と裏打磁性膜の双方から発生しており、特に裏打磁性膜から発生するスパイク状のノイズが問題となっていた。このようなノイズの例は、例えばIEEE Transaction on Magnetics, Vol.MAG-20, No.5, September 1984, pp.663-668, "Crucial Points in Perpendicular Recording"に記述されている。

【0005】このような問題に対して、裏打磁性膜の下部に面内磁化膜を形成する方法が、例えば日本応用磁気学会誌, Vol.21, Supplement No.S1, pp.104-108, "3層垂直媒体の高S/N化及び記録信号の安定性"に見られるように提案されているが、 $20\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度磁気記録が可能な磁気記録再生装置を実現化するためには必ずしも十分ではなかった。さらに高密度、高速記録のために必要な媒体としての条件である、表面の平坦化と高周波特性に関しては有効な方法は殆ど提案されていない。

【0006】本発明は、垂直磁気記録のこのような現状に鑑み、 $20\text{Gb/in}^2$ 以上の高速、高密度記録密度を実現するための低ノイズ特性、表面の平坦性、高周波応答特性を持つ垂直磁気記録媒体を提供し、高密度記録再生装置の実現を容易ならしめることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】低ノイズ特性、表面の平坦性、高周波応答特性を持つ垂直磁気記録媒体を実現するために本発明では、非磁性基板上に裏打磁性膜層を介して垂直磁化膜、保護潤滑膜が設けられた垂直磁気記録媒体において、裏打磁性膜層を少なくとも1種の磁性膜と少なくとも1種の非磁性膜からなる3層以上の多層膜から構成する。

【0008】裏打磁性膜に起因するノイズを低減するためには、裏打磁性膜の磁区構造を微細化するとともに磁性膜中に存在する磁壁が容易に動かないように固定することが必要である。これは裏打磁性膜を少なくとも1種

の磁性膜と少なくとも1種の非磁性膜からなる3層以上の多層膜から構成することにより可能となる。3層からなる多層膜を例にとると、磁性膜が2層の場合は磁性膜の構造と磁気特性が異なる膜を直接接合して形成するか、もしくは非磁性膜を介して形成することにより、両者の磁性膜中に存在する磁壁が互いに相互作用を及ぼすことになる。磁性膜の種類を適当に選ぶことにより、この相互作用があるために外部磁界中でも磁壁の移動が抑制される。また磁性膜を2層に分割することにより、磁壁間の平均距離が減少し、磁区が微細化されるため、ノイズ低減が可能になる。このような組み合わせの磁性膜として、組成が異なる2種類の磁性膜であって両者の磁気特性がいずれも保磁力が $200\text{e}$ 以下の軟磁性膜、あるいは保磁力が $1000\text{e}$ 以上の硬磁性膜と保磁力が $200\text{e}$ 以下の軟磁性膜の組み合わせが可能である。このような硬磁性膜としては、Co、Coを主成分とする合金、Fe-Pt系合金、Sm-Co系合金、Nd-Fe系合金が良い。磁性膜が1層の場合は、非磁性膜の材料を選ぶことにより、磁性膜の微細構造が変化することにより磁区の微細化が可能になりノイズが低減される。

【0009】媒体表面を平坦化するためには、裏打磁性膜の表面を平坦化することが必要不可欠である。一般に、垂直磁気記録においてヘッドの記録効率を上げるためには、裏打磁性膜の厚さは $1\mu\text{m}$ 以上と厚いことが望ましいとされている。同一材料でこのような厚い膜を形成すると、膜形成の過程で膜の構造的な揺らぎが膜厚の増大につれて拡大するため、表面の起伏が増大する。この問題に対しては、膜を多層化することにより抑制することができる。特に膜の種類が磁性膜と非磁性膜、あるいは多結晶膜と非磁性膜、金属膜と非金属膜のような異種の組み合わせを選択することで、より望ましい効果が得られる。

【0010】 $20\text{Gb/in}^2$ 以上の面記録密度を実現するためには、磁気記録装置におけるヘッドと磁気記録媒体表面の距離を $20\text{nm}$ 以下にすることが必要である。このためには、媒体表面の起伏Raをクリアランスを考慮すると $5\text{nm}$ 以下としなければならず、このためには裏打磁性膜の表面起伏Raはこの値以下にしなければならない。裏打磁性膜の全膜厚として $10\mu\text{m}$ 以上も原理的には可能であるが、媒体表面の起伏Raを $5\text{nm}$ 以下とするためには、裏打磁性膜の全膜厚は最大でも $5\mu\text{m}$ 、望ましくは $200\text{nm}$ 以下とすることが必要である。また、表面平坦化のためには膜厚は小さいほど良いが垂直磁気記録における裏打磁性膜のメリットを出すためには少なくとも $10\text{nm}$ は必要である。したがって望ましい膜厚の範囲は $10\text{nm}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下、さらに望ましくは $30\text{nm}$ 以上 $200\text{nm}$ 以下である。

【0011】2層垂直磁気記録の高周波応答性を改善するためには、垂直磁気記録媒体において大きな体積を占める裏打磁性膜の高周波応答性を改善することが必要である。高周波

応答性を低下させる主な原因には、磁気記録動作の際に発生する渦電流損失が関連しており、これを防ぐためには裏打磁性膜中で発生する渦電流を低減することが有効である。このためには、電気抵抗を高くする必要があり、電気抵抗の高い磁性膜を採用するとともに多層化によってさらに電気抵抗の高い非磁性膜、望ましくは電気絶縁膜を導入することが有効である。

【0012】このような特性を持つ非磁性膜材料としては、 $Ti$ 、 $Hf$ 、 $Zr$ 、 $Mn$ もしくはこれらの元素を主成分とする合金金属、 $Ge$ 、 $Si$ もしくはこれらの元素を主成分とする半金属、あるいは酸化物、炭化物、ほう化物、窒化物から選ばれた化合物が良い。酸化物として $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 及びこれらの酸化物の混晶酸化物が、炭化物として $TiC$ 、 $ZrC$ 、 $HfC$ 、 $SiC$ 、 $B_4C$ 及びこれらの混晶炭化物が、窒化物として $TiN$ 、 $ZrN$ 、 $HfN$ 、 $Si_3N_4$ 及びこれらの混晶窒化物が、ほう化物として $TiB_2$ 、 $ZrB_2$ 、 $HfB_2$ 、 $LaB_6$ 、 $CeB_6$ 、 $YB_6$ 及びこれらの混晶ほう化物が、望ましい。また磁性膜としては、 $Fe-Ni$ パーマロイ膜等よりも電気抵抗の高い $Co-Nb-X$  ( $X=Zr$ 、 $Ti$ 、 $Hf$ 、 $Mo$ 、 $W$ )、 $Ni-Co-Y$  ( $Y=Zr$ 、 $Ti$ 、 $Hf$ 、 $Mo$ 、 $W$ )、 $Fe-Si-Z$  ( $Z=B$ 、 $Al$ ) 合金膜がより望ましい。これらの磁性膜は一般に微細構造が非晶質であるため、平坦な表面を持つ膜を得る点でも望ましい。

【0013】このような構造を持つ裏打磁性膜の上に形成する垂直磁化膜としては、 $CoCr$ 、 $CoCrTa$ 、 $CoCrPt$ 、 $CoCrPtTa$ などの $Co$ 基合金垂直磁化膜、 $Pt/Co$ 、 $Pd/Co$ 、 $Pt/Co$ 合金、 $Pd/Co$ 合金などの多層膜垂直磁化膜、 $TbFeCo$ 、 $FePt$ などの非晶質もしくは微結晶垂直磁化膜のいずれも可能である。また、裏打磁性膜と垂直磁化膜の間に必要に応じて膜構造制御用の中間層を導入することも可能である。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【実施の形態1】直径2.5インチのガラス基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図1に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。基板11 40 上に、第1層12を150nm厚、第2層13を10nm

厚、及び第3層14の厚さが150nmの3層からなる裏打磁性膜を形成し、その上に垂直磁化膜15を25nm、保護膜16を5nmの厚さこの順序で形成した。第1層用には $Ni-20at\%Fe$ ターゲット、第2層用には $Hf$ ターゲット、第3層用には $Co-5at\%Nb-5at\%Zr$ ターゲット、垂直磁化膜用には $Co-20at\%Cr-10at\%Pt$ 、保護膜用にはカーボンターゲットを用いた。スパッタの $Ar$ ガス圧力3mTorr、スパッターパワー10W/cm<sup>2</sup>、基板温度300°Cの条件で形成した。

【0015】同様な条件で、第2層を $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Mn$ 、 $Ti-30at\%Hf$ 、 $Zr-45at\%Hf$ 、 $Mn-10at\%Zr$ 、 $Ge$ 、 $Si$ 、 $Si-25at\%Ge$ 、 $Si-5at\%Mn$ 、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $TiC$ 、 $ZrC$ 、 $HfC$ 、 $B_4C$ 、 $SiC$ 、 $TiB_2$ 、 $ZrB_2$ 、 $HfB_2$ 、 $LaB_6$ 、 $CeB_6$ 、 $YB_6$ 、 $TiN$ 、 $ZrN$ 、 $HfN$ 、 $Si_3N_4$ とした以外は前記と同様な垂直磁気記録媒体を作製した。

【0016】比較試料として、厚さ300nmの $Ni-20at\%Fe$ パーマロイの単層からなる裏打磁性膜をガラス基板上に形成し、垂直磁化膜が25nm厚の $Co-20at\%Cr-10at\%Pt$ 、保護膜が5nm厚のカーボンからなる試料を同様のスパッタ条件で作成した。なお、単独の膜形成を行った場合の150nm厚の $Ni-20at\%Fe$ 膜及び $Co-5at\%Nb-5at\%Zr$ 膜の保磁力はそれぞれ30eと10eであった。

【0017】これらの試料の表面起伏 $R_a$ を原子間力顕微鏡、記録再生特性を記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて測定した。記録ヘッドのギャップ長は0.2 $\mu m$ 、再生用の巨大磁気抵抗効果型(GMR)ヘッドのシールド間隔は0.15 $\mu m$ 、測定時のスレーシングは0.03 $\mu m$ とした。20kFCIの磁気記録を行なった場合の媒体の $S/N$ は、比較試料の $S/N$ に対する相対値として測定した。また高周波記録特性は30MHzで記録したときの再生出力と300MHzで記録したときの再生出力の比率として測定した。これらの測定結果を表1に示す。

【0018】

【表1】

試料番号	第2層の材料	表面起伏(nm)	S/N (粗粒値)	垂直磁気特性 ( $1000\text{G}/1\text{Hz}/1\text{cm}^2$ )
1	HN	1.6	2.8	0.98
2	Ti	2.1	2.9	0.95
3	Zr	2.3	2.3	0.98
4	Nb	3.1	3.0	0.97
5	Ti-30at%Zr	1.2	3.1	0.96
6	Zr-45at%Pt	1.0	2.9	0.94
7	Nb-10at%Zr	2.0	2.8	0.93
8	Ge	2.2	1.5	0.94
9	Si	1.8	1.8	0.94
10	Si-25at%Ge	1.4	1.7	0.93
11	Si-5at%Al	1.9	1.5	0.98
12	SiO <sub>2</sub>	2.1	2.2	0.97
13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.3	2.0	0.96
14	ZrO <sub>2</sub>	1.6	1.9	0.93
15	MgO	1.9	1.9	0.98
16	CaO	2.3	2.0	0.92
17	TiC	2.1	2.2	0.93
18	ZnC	1.6	2.0	0.86
19	HfC	2.0	2.1	0.87
20	B <sub>4</sub> C	1.6	1.4	0.88
21	SiC	1.6	2.6	0.90
22	TiB <sub>2</sub>	2.2	2.0	0.82
23	ZrB <sub>2</sub>	2.6	1.8	0.84
24	HfB <sub>2</sub>	2.1	1.5	0.83
25	LaB <sub>6</sub>	3.1	1.2	0.79
26	CeB <sub>6</sub>	3.5	1.3	0.78
27	YB <sub>4</sub>	3.4	1.3	0.79
28	TiN	2.9	2.0	0.81
29	ZrN	2.8	2.4	0.80
30	HfN	1.6	2.0	0.88
31	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	1.3	2.8	0.93
(比較試料) (Fe-20at%Ni)		7.2	1.0 (比較値)	0.65

【0019】表1から、本実施の形態の垂直磁気記録媒体は、比較例に比べて表面起伏Raが大幅に改善し、しかも媒体S/Nが向上しており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。また、高周波で記録したときの再生信号の劣化も小さいため、高速の記録再生に適していることが分かった。

【0020】本実施の形態で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子としてGMRヘッドを用いたディスク直径2.5インチの磁気記録再生装置を作製した。面記録密度20Gb/in<sup>2</sup>の条件でエラーレート10<sup>-3</sup>が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0021】【実施の形態2】直径2.5インチのシリコン基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図2に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。基板21上に、第1層22、第2層23、第3層24、及び第4層25の4層からなる裏打磁性膜を形成し、その上に垂直磁化膜26及びカーボン保護膜27を形成した。第1層は厚さ10nmのZr-30at%Cr膜、第2層は厚さ50nmのFe-50at%Pt膜、第3層は厚さ10nmのSi膜、第4層は厚さ20

0nmのCo-6at%Nb-3at%Hf膜である。また、垂直磁化膜としてCo-19at%Cr-8at%Pt-3at%Ta膜を用い、カーボン保護膜の厚さは5nmとした。スパッタのArガス圧力3mTorr、スパッターパワー10W/cm<sup>2</sup>、基板温度310℃の条件で形成した。第2層の磁性膜の保磁力は2.8kOe、第4層の保磁力は1.8Oeであった。

【0022】同様の条件で、第2層の材料をSm-18at%Co、Co-45at%Pt、Nd-20at%Fe-3at%B、Co-15at%Cr-15at%Pt、Ni-25at%Co-4at%Zrとした以外は前記と同様の垂直磁気記録媒体を作製した。これら第2層の膜の保磁力は、いずれも500Oe以上であり、硬磁気特性を示した。また、比較試料として裏打磁性膜が厚さ200nmの単層のCo-6at%Nb-3at%Hf膜である以外は同様の構造及び組成を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。これらの磁気記録媒体の表面平坦性Ra、媒体S/N、高周波記録特性を実施の形態1と同様の条件で測定した。測定結果を表2に示す。

【0023】

【表2】

試料番号	第2層の材料	表面起伏(nm)	S/N (相対値)	高周波特性 ( $f_{300MHz}/f_{30MHz}$ )
1	Fe-50at%Pt	1.8	2.9	0.92
2	Sm-18at%Co	1.4	2.8	0.92
3	Co-45at%Pt	2.4	2.6	0.91
4	Nd-20at%Fe-3at%B	1.9	3.0	0.94
5	Co-15at%Cr-15at%Pt	2.6	2.5	0.92
6	Ni-25at%Co-4at%Zr	2.8	2.4	0.94
比較試料	(Co-6at%Nb-3at%Hf)	5.1	1.0 (比較値)	0.74

【0024】表2に示されているように、本実施の形態の垂直磁気記録媒体は、比較例に比べて表面平坦性R<sub>a</sub>、媒体S/N、高周波記録特性のいずれもが大幅に改善されており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。

【0025】【実施の形態3】直径2.5インチのガラス基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図3に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。基板31上に、第1層32、第2層33、第3層34、第4層35、第5層36、第6層37の6層からなる裏打磁性膜を形成し、その上に垂直磁化膜38及び保護膜39を形成した。第1層用にTi-35at%Crターゲット、第2層用にFe-40at%Ptターゲット、第3層用にGeターゲット、第4層用にFe-2at%Siターゲット、第5層用にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ターゲット、第6層用にCo-6at%Nb-3at%Moターゲット、垂直磁化膜用にCo-17at%Cr-1at%Y-3at%Taターゲット、保護膜用にカーボンターゲットをそれぞれ用いた。スパッタのArガス圧力3mTorr、スパッターパワー15W/cm<sup>2</sup>、基板温度265℃の条件下で、第1層を20nm、第2層を50nm、第3層を25nm、第4層を100nm、第5層を5nm、第6層を150nm、垂直磁化膜を25nm、カーボン保護膜を7nmの厚さ形成した。

\*nm、第3層を25nm、第4層を100nm、第5層を5nm、第6層を150nm、垂直磁化膜を25nm、カーボン保護膜を7nmの厚さ形成した。

【0026】第6層用のターゲットとしてCo-7at%Nb-3at%Hf、Co-5at%Nb-3at%Ti、Co-5at%Nb-3at%Hf、Co-4at%Nb-2at%W、Ni-10at%Co-2at%Zr、Ni-28at%Co-3at%Ti、Ni-5at%Co-4at%Hf、Ni-7at%Co-3at%Mo、Ni-15at%Co-2at%W、Fe-3at%Si-2at%B、Fe-4at%Si-3at%Alを用いた以外は前記と同様の条件下で、同様の構造の垂直磁気記録媒体を作製した。更に、比較試料として、厚さが300nmのCo-6at%Nb-3at%Moの単層磁性膜からなる裏打磁性膜の上に前記と同様の垂直磁化膜と保護膜を形成した垂直磁気記録媒体を作製した。実施の形態1と同様な方法で各媒体の表面平坦性R<sub>a</sub>、媒体S/N、高周波記録特性を比較した結果を表3に示す。

【0027】

【表3】

試料番号	第6層の材料	表面起伏(nm)	S/N (相対値)	高周波特性 ( $f_{300MHz}/f_{30MHz}$ )
1	Co-6at%Nb-3at%Mo	2.3	2.1	0.98
2	Co-7at%Nb-3at%Hf	2.1	2.0	0.97
3	Co-5at%Nb-3at%Ti	2.4	1.9	0.95
4	Co-5at%Nb-3at%Hf	2.0	1.9	0.96
5	Co-4at%Nb-2at%W	2.6	2.3	0.98
6	Ni-10at%Co-2at%Zr	2.5	2.1	0.97
7	Ni-28at%Co-3at%Ti	2.4	1.8	0.98
8	Ni-5at%Co-4at%Hf	2.0	1.9	0.99
9	Ni-7at%Co-3at%Mo	2.8	1.7	0.96
10	Ni-15at%Co-2at%W	2.5	2.3	0.97
11	Fe-3at%Si-2at%B	2.4	2.4	0.95
12	Fe-4at%Si-3at%Al	2.9	2.0	0.97
比較試料	(Co-6at%Nb-3at%Hf)	5.3	1.0 (比較値)	0.41

【0028】本実施の形態の磁気記録媒体は、比較例に比べて表面平坦性R<sub>a</sub>、媒体S/N、高周波記録特性が大幅に改善されており、高密度磁気記録媒体としてさら

に望ましいことがわかった。本実施の形態で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子として磁気トンネル現象(TMR効果)を応用した高感度再生ヘッドを用いたデ

ディスク直径2.5インチの磁気記録再生装置を作製した。面記録密度50Gb/in<sup>2</sup>の条件でエラーレート10<sup>-4</sup>が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0029】〔実施の形態4〕図4に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。ガラス基板41上に、厚さ3nmの3SiO<sub>2</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>混晶酸化物42と厚さ30nmのFe-5at%Si膜43からなる積層膜を10組繰り返して積層形成した。この上に、厚さが20nmのCo-16at%Cr-3at%Ta垂直磁化膜44を25nm、Co-20at%Cr-8at%Pt-2at%Ta垂直磁化膜45を3nm、Co-15at%Cr-15at%Pt垂直磁化膜46を2nm、カーボン保護膜47を5nm形成した。

\*

\*【0030】ここで、前記3SiO<sub>2</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>混晶酸化物の代わりに、非磁性材料膜としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・ZrO<sub>2</sub>、MgO・CaO、SiO<sub>2</sub>・ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>・CaO、Ge-20at%Si、Ge-5at%Cr、Si-3at%Mn、TiC<sub>0.7</sub>N<sub>0.3</sub>、Ti<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>B<sub>0.1</sub>、B<sub>1</sub>C、SiC、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用いた以外は同様の垂直磁気記録媒体を作製した。更に、比較試料として厚さ300nmの単層のFe-5at%Si膜を裏打磁性膜に用いた垂直磁気記録媒体を作成した。これらの垂直磁気記録媒体の表面平坦性Ra、媒体S/N、高周波記録特性を実施の形態1と同様の条件で測定した。測定結果を表4に示す。

【0031】

\* 【表4】

試料番号	非磁性材料膜	表面起伏(nm)	S/N (相対値)	高周波特性 (1500)Hz/20MHz)
1	3SiO <sub>2</sub> ・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.8	1.8	0.99
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・ZrO <sub>2</sub>	2.0	2.1	0.99
3	MgO・CaO	1.5	2.0	0.99
4	SiO <sub>2</sub> ・ZrO <sub>2</sub>	1.7	1.7	0.99
5	SiO <sub>2</sub> ・CaO	1.9	2.0	0.99
6	Ge-20at%Si	2.0	1.9	0.98
7	Ge-5at%Cr	2.1	1.8	0.99
8	Si-3at%Mn	2.0	2.0	0.99
9	TiC <sub>0.7</sub> N <sub>0.3</sub>	1.9	1.9	0.97
10	Ti <sub>0.8</sub> Zr <sub>0.2</sub> B <sub>0.1</sub>	1.8	2.1	0.99
11	B <sub>1</sub> C	1.7	2.2	0.98
12	SiC	1.6	1.9	0.99
13	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	1.7	2.2	0.99
比較例	なし	6.5	1.0 (比較値)	0.46

【0032】表4に示されているように、本実施の形態の垂直磁気記録媒体は、比較例に比べて表面平坦性Ra、媒体S/N、高周波記録特性のいずれもが大幅に改善されており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。

【0033】〔実施の形態5〕実施の形態4で試作した試料番号13の垂直磁気記録媒体と巨大磁気抵抗効果(GMR)を用いた高感度再生素子を持つ録再生ヘッドを用いて磁気記録再生装置を作製した。磁気記録再生装置は、図5(a)に概略平面図を、図5(b)にそのA-A断面図を示すように、磁気記録媒体51、これを回転駆動する磁気記録媒体駆動部52、記録ヘッド及び再生ヘッドを備える磁気ヘッド53、磁気ヘッド駆動部54、磁気ヘッドの記録再生信号を処理する信号処理部55等を有してなる周知の構成を持つ磁気記録再生装置である。

【0034】記録ヘッドのトラック幅を0.4μm、再生用のGMRヘッド素子のトラック幅を0.32μm、ヘッドと磁気記録媒体のスペーシングを15nmとし

た。信号処理としてEPR4方式を採用し、55Gb/in<sup>2</sup>の面記録密度の条件で装置を動作させたところ、10<sup>-4</sup>以下の誤り率が得られた。

【0035】

〔発明の効果〕本発明によれば、垂直磁気記録媒体の表面平坦性、媒体S/N、高周波記録特性を改善することができ、この結果、高速で高密度磁気記録が可能な磁気ディスク装置を得ることができる。特に、20Gb/in<sup>2</sup>以上の高密度磁気記録が可能となり、装置の小型化や大容量化が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気記録媒体の一例の断面図。

【図2】本発明による磁気記録媒体の一例の断面図。

【図3】本発明による磁気記録媒体の一例の断面図。

【図4】本発明による磁気記録媒体の一例の断面図。

【図5】磁気記録再生装置の概略図。

【符号の説明】

11…基板、12…磁性膜、13…非磁性膜、14…磁性膜、15…垂直磁化膜、16…保護膜、21…基板、



# BEST AVAILABLE COPY

(8)

特開2000-348327

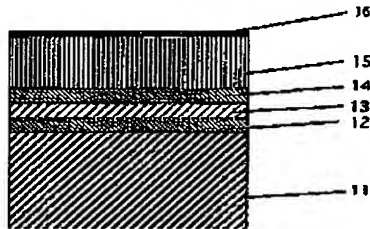
13

22...非磁性膜、23...硬磁性膜、24...非磁性膜、25...軟磁性膜、26...垂直磁化膜、27...保護膜、31...基板、32...非磁性膜、33...硬磁性膜、34...非磁性膜、35...軟磁性膜、36...非磁性膜、37...軟磁性膜、38...垂直磁化膜、39...保護膜、41...基板、4\*

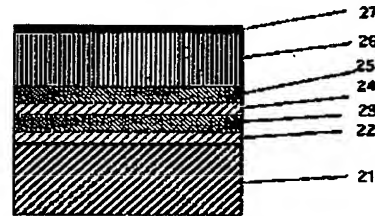
14

\*2...非磁性膜、43...磁性膜、44...垂直磁化膜、45...垂直磁化膜、46...垂直磁化膜、47...保護膜、51...磁気記録媒体、52...磁気記録媒体駆動部、53...磁気ヘッド、54...磁気ヘッド駆動部、55...信号処理部

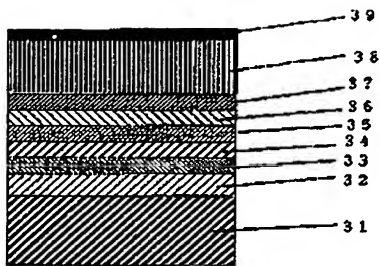
【図1】



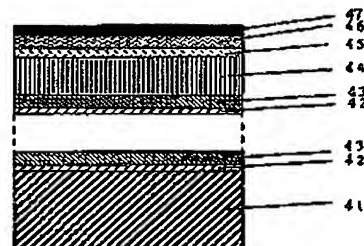
【図2】



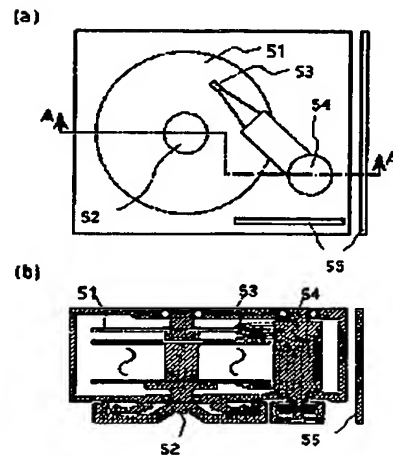
【図3】



【図4】



【図5】



51...磁気記録媒体  
52...磁気記録媒体駆動部  
53...磁気ヘッド  
54...磁気ヘッド駆動部  
55...信号処理部  
第5図

フロントページの続き

(72)発明者 平山 義幸  
東京都国分寺市京悠ヶ丘一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 菊川 敦  
東京都国分寺市京悠ヶ丘一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 吉田 和悦  
東京都国分寺市京悠ヶ丘一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
Fターム(参考) 5D006 B801 B807 CA01 CA03 CA05  
CA06 DA03 DA08 FA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**